



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

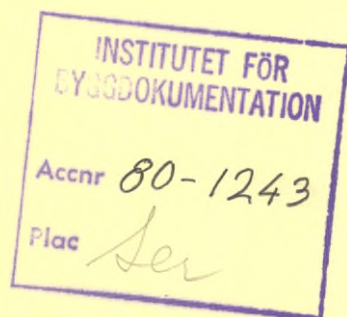
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Värmepump för spillvärme till fjärrvärmenät

Förstudie i Örnsköldsvik

Sven-Erik Jönsson
Edvard Sandberg



K
OK

R72:1980

VÄRMEPUMP FÖR SPILLVÄRME TILL FJÄRRVÄRMENÄT

Teknisk och ekonomisk utredning gällande spill-
värme från Domsjö sulfitfabrik till Örnsköldsviks
fjärrvärmennät.

Förstudie

Sven-Erik Jönsson
Edvard Sandberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791359-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Nefos -
Näringslivets stiftelse för forskning och utveckling
på energiområdet.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R72:1980

ISBN 91-540-3278-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 053967

INNEHÅLL

FÖRORD	5
0. SAMMANFATTNING	7
1. ALLMÄNT	7
2. ANLÄGGNINGENS UTFORMNING	7
2.1 Allmänt	7
2.2 Parallell- eller seriekoppling	8
2.3 Dimensionerande vattenflöde	9
2.4 Val av värmepumpaggregat	9
3. FRAMLEDNINGS- OCH RETURTEMPERATUR	10
4. BERÄKNINGAR	10
4.1 Förutsättningar	10
4.2 Returtemperaturens betydelse	11
4.3 Spillvärmeuttag	11
4.4 Beräkningsresultat	12
5. DISKUSSION	13
5.1 Allmänt	13
5.2 Sänkt framledningstemperatur vintertid	13
5.3 Jämförelse mellan R 12 och R 114	14
5.4 Synpunkter på elnätets toppbelastning vintertid	15
5.5 Fabriken värmebehov	15
5.6 Värmepumpanläggningens plats i fabriken	16
6. ALTERNATIVA DRIFTSÄTT	16
6.1 Dieselmotordrift	16
6.2 Turbindrift	17

BILAGA 1	Kostnadskalkyl	19
BILAGA 2	Kopplingsschema	21
BILAGA 3	Lönsamhet vid olika el- och oljepriser	22
BILAGA 4	Fabrikens eget lokaluppvärmningsbehov	23
BILAGA 5	Kopplingschema vid dieselmotordrift	24
BILAGA 6	Jämförelse mellan elmotor- och dieselmotordrift	25
BILAGA 7	Varaktighetsdiagram visande fjärrvärmenätets värmeeffektbehov i Örnsköldsvik	27

FÖRORD

Nefos har funnit det angeläget att värmepumpstekniken kommer till användning i större skala än vad som hittills varit fallet. Nefos har därför sökt få till stånd en demonstrationsanläggning med några MW värmeeffekt. För att kunna värdera besparingspotentialen med värmepumpsteknik krävs nämligen drifterfarenheter från stora anläggningar. Med stora värmepumpanläggningar, som i första hand utnyttjar industriellt spillvärme vid relativt hög temperatur, kan man åstadkomma ansevärd oljebesparing med uppoffring av en relativt sett liten mängd elenergi.

Utredningen har finansierats av Byggforskningsrådet (BFR) och utförts av Ångpanneföreningen. Överingenjör Sven-Erik Jönsson har fungerat som projektledare och civilingenjörerna Per Hörnstein och Edvard Sandberg som utredare.

Stockholm i mars 1980

NÄRINGSLIVETS STIFTELSE FÖR
FORSKNING OCH UTVECKLING
PÅ ENERGIOMRÅDET

Dick Lundqvist



0. SAMMANFATTNING

Ett fjärrvärmenät är under uppbyggnad i Örnsköldsvik. När nätet är färdigbyggt vid mitten av åttiotalet beräknas det sammanlagrade värmeeffektbehovet vara 80 MW. Fjärrvärmenätet kan tillföras spillvärme från Domsjö sulfitfabrik om spillvärmets temperaturnivå höjs med hjälp av värmepumpar. Utredningen visar hur värmepumpanläggningen bör utformas och ger investerings- och driftkostnadskalkyler för projektet.

Värmepumpanläggningen höjer fjärrvärmereturen på ca 60°C till framledningstemperaturen 80°C. Under ca 5000 timmar/år kan värmepumparna gå med full effekt och leverera ca 20 MW värmeeffekt. Under sommaren går anläggningen med reducerad effekt.

Anläggningen beräknas kosta 36 Mkr inklusive 3 km kulvert till fjärrvärmenätet. Den årliga driftintäkten från anläggningen sedan driftkostnaderna frändragits beräknas bli 5,9 Mkr. Därvid har spillvärmets förutsatts vara gratis, oljan kosta 900 kr/m³ och elenergin 16 öre/kWh.

1. ALLMÄNT

I denna utredning undersöks förutsättningarna för installation av en värmepumpanläggning för uppvärmning av fjärrvärmevatten i Örnsköldsviks kommun med spillvärme från Domsjö sulfitfabrik.

Förutsättningen är att restvärme från en befintlig SO₂-skrubber och eventuellt också blekeriavloppsvatten ska användas som värmekälla. Tekniska data på skrubbern och uppgifter på blekeriavloppsvattnets temperatur och flöde har förelegat.

Fjärrvärmenätet är under uppbyggnad. Det finns därför inga uppgifter om nätets varierande värmebehov under året. Istället har ett generellt sett användbart varaktighetsdiagram utnyttjats liksom värden på framlednings- respektive returtemperaturer som är i överensstämmelse med dagens förhållanden i Örnsköldsviks fjärrvärmenät. Dessa temperaturer avviker ej från vad som är vanligt i svenska fjärrvärmenät.

2. ANLÄGGNINGENS UTFORMNING

2.1 Allmänt

Enligt förutsättningarna ska det vara möjligt att kyla skrubbergaserna till temperaturen 40°C, vilket innebär att 400 t/h vatten av 38°C värms till 57°C. Värmet i detta cirkulationsvatten bör med hänsyn till vattnets korrosivitet överföras till rent vatten i en värmväxlare varefter det rena vattnet används som värmemedium i värmepumpanläggningen.

För blekerivattnet gäller att flödet är 350 t/h och temperaturen 44°C. Även detta värme bör med hänsyn till korrosiviteten överföras till rent vatten innan det förs till värmepumpanläggningen.

För fjärrvärmesystemet gäller att framledningstemperaturen är 80°C under den del av året då dygnsmedeltemperaturen är högre än 3°C. Resten av året (4400 h) är framledningstemperaturen högre. Returtemperaturen varierar mellan 55 och 65°C. Av praktiska skäl har beräkningarna utförts för en konstant medeltemperatur av 60°C.

2.2 Parallell- eller seriekoppling

Av flera skäl är det lämpligast att bygga upp en värmepumpanläggning i denna storlek av flera värmepumpenheter. För det första är det lättare att hitta beprövade konstruktioner om man håller sig under ca 5 MW värmeeffekt, för det andra erhålles större flexibilitet och driftsäkerhet, för det tredje erhålles väsentligt bättre driftsekonomi.

Ur energiekonomisk synpunkt bör aggregaten vara seriekopplade på både värmebärar- och köldbärarsidan, så att varje aggregat får arbeta med minsta möjliga temperaturskillnad mellan förångnings- och kondenseringsidan. Köldbäraren och värmebäraren bör dessutom vara kopplade i motström. Alternativet hade varit att koppla aggregaten parallellt. Detta skulle betyda att samtliga aggregat skulle arbeta från strax under köldbärarens lägsta temperatur på förångningssidan till strax över fjärrvärmevattnets topptemperatur på kondenseringsidan.

I bilaga 2 visas de olika temperaturnivåerna på såväl köldbärare som värmebärare. Anläggningen består av tre seriekopplade värmepumpnivåer för skrubberkretsen och två seriekopplade nivåer för blekeriavloppsvattenkretsen. Räknat från utgående köldbärare till utgående värmebärare arbetar värmepumparna mellan 45 och 80°C, 39 och 76°C respektive 33 och 72°C för skrubberkretsen. Temperaturskillnaden är 35°C, 37°C respektive 39°C. I genomsnitt således 37°C. Med parallellkoppling hade alla värmepumpar fått arbeta med 80 - 33 = 47°C temperaturskillnad. Seriekopplingen minskar således temperaturdifferensen med 10°C, vilket i sin tur resulterar i högre värmefaktor och bättre energiekonomi. På samma sätt för blekeriavloppsvattenkretsen är temperaturdifferensen 36,5 respektive 40°C, dvs i medeltal ca 38°C. Med parallellkoppling hade temperaturdifferensen blivit 68 - 24 = 44°C. I detta fall blir således vinsten 6°C i temperaturdifferens vid val av seriekoppling.

Valet av tre värmepumpnivåer för skrubberkretsen och två för blekeriavloppskretsen är inte definitiv utan till för att visa anläggningens principiella uppbyggnad. Med hänsyn till att varje nivå motsvarar ca 4 MW värmeeffekt och att det motsvarar stora värmepumpar finns det knappast anledning att minska antalet nivåer. Detta skulle ju då även försämra energiekonomin. Å andra sidan är det inte praktiskt att ha alltför många enheter i anläggningen med hänsyn till drift, underhåll och kapitalkostnad. Den energiekonomiska vinsten att öka antalet nivåer över fem är dessutom mycket ringa. Sammanfattningsvis torde därför fem nivåer vara rimligt. Det exakta antalet kan dock inte fastläggas förrän i samband med upphandlingen.

2.3 Dimensionerande vattenflöde

När det gäller flödet av fjärrvärmevatten till värmepumpanläggningen kan man tänka sig två huvudalternativ; hela fjärrvärmenätets returflöde eller en del därav.

Vattenflödet i fjärrvärmenätet varierar under året. Värmepumpanläggningen levererar en konstant värmeeffekt under den del av året då fjärrvärmenätet behöver större effekt än vad värmepumpanläggningen kan ge. Detta resulterar i att temperaturhöjningen hos värmepumpen blir mindre ju större vattenflödet är.

Väljer man istället att föra en delström av fjärrvärmereturen till värmepumpanläggningen bör flödet anpassas så att temperaturhöjningen på fjärrvärmevattnet blir konstant hela året.

Med varierande vattenflöde kan elenergi sparas i värmepumpanläggningen. Istället blir kulverten väsentligt dyrare liksom kostnaderna för pumpningen av vattnet.

En enkel beräkning har utförts för att jämföra de två alternativen. Det visar sig att räntabiliteten för en tänkt övergång från alternativet med en konstant delström till alternativet med hela flödet blir mindre än 5 %. Därför bör det inte finnas någon anledning att i den fortsatta utredningen räkna noggrannare på alternativet med hela vattenflödet. Detta ställningstagande bygger dock på att fjärrvärmenätets pannanläggning placeras i Örnsköldsvik och att 3 km kulvert mellan pannanläggning och sulfittfabriken debiteras värmepumpprojektet. Alternativet med en konstant delström är i fortsättningen det huvudalternativ på vilket utredningen baseras.

Normalt vattenflöde till värmepumpanläggningen blir det flöde fjärrvärmenätet har då effektbehovet på nätet är precis lika stort som värmepumpanläggningens kapacitet. Innebörden av detta är att hela fjärrvärmereturen vid detta tillfälle förs till värmepumpanläggningen och uppvärms till full framledningstemperatur (80°C). Detta kallas här för den dimensionerande punkten. Under den tid av året då fjärrvärmenätets värmebehov är större än i den dimensionerande punkten kommer värmepumpanläggningens arbetsförhållanden att vara helt konstanta. Under den tid av året då fjärrvärmebehovet är mindre måste värmepumpanläggningen regleras ner men arbetstemperaturerna kommer att vara tämligen konstanta därför att vattenflödet också sjunker. Se även bilaga 7.

2.4 Val av värmepumpaggregat

Den enklaste typen av värmepump består av en förångare som tillförs arbetsmediet i vätskeform åtföljd av en kompressor som höjer den bildade ångans tryck. Förångaren tillförs värme från den s k köldbäraren, i det här fallet sekundärvarmvatten från skrubbervatten- respektive blekeriavloppsvattenkylare. Ångan kondenseras därefter i en kondensor och avger värme till värmebäraren, i det här fallet fjärrvärmevatten. Arbetsmediets tryck reduceras sedan genom strypning till det tryck som råder i förångaren.

Det finns även mer avancerade värmepumpkopplingar, där ekonomiserkopplingen med strypning i flera steg eventuellt kan resultera i bättre resultat i detta fall. Emellertid är gränserna för utnyttjande av en ekonomiserkoppling ganska snäva för de aggregat som nu finns på marknaden. Det kan därför hända att det inte blir möjligt att utnyttja en sådan koppling. Av denna anledning har utredningen enbart gjorts för den vanliga, enkla kopplingen. Teoretiskt skulle en ekonomiserkoppling innebära uppemot 10 % lägre elförbrukning vid samma spillvärmeuttag.

De arbetsmedier som kan komma ifråga idag är de som leverantörerna är vana vid dvs samma medier som används som köldmedier inom kyltekniken. I praktiskt taget hela det aktuella temperaturområdet är R 114 det arbetsmedium som antagligen bör användas. Man kan använda R 12 upp till 75°C framledningstemperatur. Alla leverantörer har dock inte aggregat som klarar de höga förångningstemperaturer som det här är fråga om. I denna utredning har beräkningarna utförts för R 114. Alternativet R 12 diskuteras dock längre fram.

3. FRAMLEDNINGS- OCH RETURTEMPERATUR

Framledningstemperaturen är fastslagen till 80°C hela året. Med denna temperatur kan värmepumpanläggningen ensam försörja fjärrvärmenätet under den tid av året som dess kapacitet är större än värmebehovet, dvs hela sommaren. Väljer man en lägre temperatur kan inte lika mycket spillvärme utnyttjas. Nätets panncentral måste dessutom gå hela sommaren också för att spetsa upp till de erforderliga 80°C. Alternativt kan naturligtvis fabriken spetsa med färskånga, vilket dock blir samma sak energimässigt sett. Fördelen är att värmecentralen kan vara avställd under sommaren.

Ur energiteknisk synpunkt bör returtemperaturen på fjärrvärmevattnet vara så låg som möjligt. Emellertid kan R 114 bara användas om utgående värmebärare från kondensorn har en temperatur över ca 60°C. Detta innebär att fjärrvärmereturen inte får understiga ca 55°C. R 12 kan dock användas vid lägre temperatur.

Emellertid är 55-65°C en normal returtemperatur i fjärrvärmenät, och därför har det inte funnits någon anledning att på detta stadium spekulera i temperaturer under 55°C. Med hänsyn till vattenkvaliteten i Örnsköldsvik önskar man använda s k tvåstegskoppling i undercentralerna, varför det inte heller är realistiskt att tänka sig lägre än ca 60°C som den normala returtemperaturen.

4. BERÄKNINGAR

4.1 Förutsättningar

Beräkningarna har utförts med förutsättningen att fjärrvärmenätets maximala effektbehov (sammanlagrade) är 80 MW. Detta effektbehov motsvarar ett fullt utbyggt fjärrvärmenät, vilket inte inträffar förrän vid mitten av 80-talet enligt kommunens planer.

Som framgår ovan är framledningstemperaturen 80°C och returtemperaturen 55-65°C med 60°C som medelvärde för beräkningarna.

Elmotordrift av kompressorerna har setts som huvudalternativ. Dieselmotor- och ångturbindrift beröres dock i senare avsnitt.

4.2 Returtemperaturens betydelse

Värmefaktorerna har beräknats för tre skilda returtemperaturer vid konstant framledningstemperatur, 80°C. Vid beräkningarna har endast värmen från skrubbern medtagits. Det har därvid antagits att värmepumpen delas upp på tre seriekopplade nivåer. Skrubbervattnet, 400 t/h, värmeväxlas varvid det erhållna rena vattenflödet 430 t/h, har antagits avge värme till värmepumpen med 45, 39 resp 33°C som sluttemperatur på resp nivå. Värmefaktorn har beräknats vid returtemperaturerna 65, 59 resp 53°C. Som grund för beräkning av värmefaktorerna har använts katalogdata från en leverantör.

Resultatet blev en värmefaktorförbättring på 6 % vid en returtemperatursänkning på 6°C, dvs 1 % per °C, dvs något förbättrad värmeekonomi med sänkt returtemperatur. Dessutom gäller att fjärrvärmevattenflödet minskar med sänkt returtemperatur och därmed även kulvertkostnaden.

Rent allmänt bör man därför i samband med värmepumpar och fjärrvärme sträva efter relativt låg returtemperatur. Det bör observeras att orsaken till att en låg returtemperatur ger en högre värmefaktor är att man har flera seriekopplade värmepumpar. Med en enda värmepump eller flera parallellkopplade uppnås inte denna vinst.

4.3 Spillvärmeuttag

Beräkningar har utförts för att se hur långt det är ekonomiskt att kyla blekeriavloppsvattnet. Därvid har beräkningarna anpassats så att värmeuttaget för varje delkylning blir lika stort som för varje delnivå för skrubbervattnet, dvs alla delnivåer kan motsvara lika stora värmepumpar. Detta motsvarar en kylning av 350 t/h blekerivatten av 44°C till 36,5 resp 29°C i ett resp två steg. Det visade sig vara rimligt att kyla vattnet i två steg, dvs till 29°C. Räntabiliteten i den investering som möjliggör den andra kylningen är ungefär 15 % vid returtemperaturen 60°C. Att kyla ytterligare är inte lämpligt eftersom värmefaktorn sedan sjunker snabbt och därmed räntabiliteten.

En ytterligare kylning skulle dessutom betyda att R 114 inte längre kan användas. Visserligen kan ett annat medium användas vid lägre köldbärartemperatur, men med tanke på att aggregaten bör kunna fungera som reserv för varandra i viss omfattning är det lämpligt att ha ett medium som är användbart vid variationer utanför den genomsnittliga temperaturnivån.

4.4 Beräkningsresultat

I bilaga 2 finns alla temperaturer och flöden angivna. Vattenflödet 848 t/h på fjärrvärmesidan gäller i dimensioneringspunkten och när värmebehovet är större. Dimensioneringspunkten illustreras i bilaga 7 där också värmepumpanläggningens värmeleverans visas liksom hela nätets värmebehov och returvattenflöde.

Energidata och kostnader finns sammanställda i bilaga 1. Den maximalt avgivna effekten till fjärrvärmesystemet blir 19,7 MW varvid den avgivna energin till värmepumpaggregatens motorer blir 4,84 MW. Den totalt utvunna energin per år har beräknats med hjälp av bifogade varaktighetsdiagram (bilaga 7) samt med förutsättningen att maxbehovet är 80 MW. Förutom energikostnader för värmepumpaggregaten tillkommer energikostnader för systemets pumpar inkl transporten av fjärrvärmevattnet från värmeverket till värmepumpanläggningen. Den förbrukade elenergin har debiterats med 16 öre/kWh medan den utvunna energin har krediterats motsvarande 900 kr/m³ olja, vilket motsvarar kostnadsläget i början av 1980. Spillvärmets betraktats som gratis tillgängligt, vilket gör att kalkylen inte har företagsekonomisk utan samhällsekonomisk karaktär.

För investeringskostnaderna har räknats med tre alternativa kulvertkostnader beroende på värmeverkets placering. Alternativ 1 innebär att en kulvert om 3 km mellan fabrik och värmeverk i staden debiteras projektet, alternativ 2 att en kulvert på halva längden mellan staden och fabriken debiteras och alternativ 3 att ingen kulvert debiteras. Kostnaden för värmepumparna har antagits uppgå till 430 kr/kW utvunnen effekt. I övrigt har kostnaderna för elinstallation, hus, värmeväxlare (förutom de som tillhör aggregatleveransen) motorer, rörledningar, armatur och instrumentering beräknats. Därefter har gjorts ett påslag för diverse oförutsett med 15 %. Slutligen har ett påslag gjorts med 15 % för projektering, administration m m.

Resultatet blir en årlig driftintäkt på 5,9 Mkr vid en investering på 35,8 Mkr, dvs en räntabilitet på 17 % för alt. 1 med 3 km kulvert. För de andra alternativen blir räntabiliteten 22 resp 30 %.

Den utvunna energimängden, 136 000 MWh/år, motsvarar 14000 m³ olja/år. För att uppnå denna oljebesparing har 37500 MWh/år elektrisk energi uppförats (värmepumpar + transportpumpar). I sämsta fall är denna elenergi alstrad i oljekondenskraftverk. Om så vore fallet åtgår 10000 m³ olja för detta. Denna enkla kalkyl visar att projektet medför oljebesparing även under sämsta tänkbara förutsättningar vad beträffar elförsörjningen.

5. DISKUSSION

5.1 Allmänt

Ovanstående ekonomiska resultat bör kommenteras något. De data som valts för beräkningarna är inte fullständigt optimerade utan valda som lämpliga efter utförda känslighetsanalyser. En fullständig optimering är inte heller möjlig att göra av följande orsaker. Dels har inga uppgifter funnits tillgängliga om detaljförutsättningarna för fjärrvärmesystemet och dels kan det visa sig att vissa data måste ändras av hänsyn till tillgängliga standardaggregat.

En fråga som bör behandlas ingående med leverantörerna är känsligheten för variationer i systemet. Om variationerna i t ex returtemperaturen blir för stora kan det påverka aggregatens värmefaktorer. Dessutom bör möjligheterna att använda ekonomiseraggregat diskuteras. Om dessa kan användas kommer resultatet av projektet att förbättras. Ekonomiseraggregaten har visserligen ett mer begränsat arbetsområde vad avser möjliga temperaturnivåer än de vanliga aggregaten men bör ändå beaktas.

Det ekonomiska resultatet av utredningen är beroende av de valda el- resp oljepriserna. Om elpriset skulle ökas kraftigt vid oförändrat oljepris minskar även projektets räntabilitet. I bilaga 3 visas räntabilitetens elprisberoende vid två alternativa oljepris, 700 resp 900 kr/m³, baserat på 3 km kulvert.

5.2 Sänkt framledningstemperatur vintertid

Den tid av året då värmepumpanläggningen inte klarar fjärrvärmenätets behov kan man tänka sig att sänka framledningstemperaturen från anläggningen för att nå en högre värmefaktor. I gengäld måste vattenflödet ökas för att den levererade värmemängden skall förbli konstant.

Om framledningstemperaturen sänks till 75°C vintertid erhålles följande resultat:

Framledningstemperatur	°C	75	80
Dimensionerande vattenflöde	m ³ /h	1110	850
Kulvertdimension	mm	450	400
Tid vid max flöde	h/år	4300	5050
Värmefaktor		ca 4,55	4,28
Kondensoreffekt	MW	19,35	19,7
Minskad energileverans per år (efter 4300 h räknas båda alt. lika)	MWh/år	1500	-
Do	Mkr/år	0,14	-
Minskad elenergi till motorer	MWh/år	1580	-
Do	Mkr/år	0,25	-
Ökad energivinst	"	0,11	-
Ökad kulvertkostnad (3 km)	Mkr	1,5	-

Den energivinst man kan uppnå genom att sänka framledningstemperaturen vintertid kan inte betala en grövre kulvert. Om däremot kulverten inte belastar projektet bör framledningstemperaturen sänkas så snart det finns möjlighet.

5.3 Jämförelse mellan R 12 och R 114

Istället för R 114 kan man genomgående använda R 12 som arbetsmedium. Fördelen med det är att värmepumpaggregaten blir betydligt billigare och att värmefaktorn blir något högre. Värmefaktorn förbättras därför att framledningstemperaturen måste begränsas till ca 75°C, vilket samtidigt är nackdelen med R 12. Den bästa lösningen är att använda R 114 i det sista aggregatet som skall gå till 80°C och R 12 i de övriga.

Vid en renodlad jämförelse mellan R 12 och R 114 erhålles följande resultat:

		R 12	R 114
Framledningstemperatur	°C	75	80
Dimensionerande vattenflöde	m ³ /h	1110	850
Kulvertdimension	mm	450	400
Tid vid max flöde	h/år	4300	5050
Värmefaktor	ca	4,55	4,28
Levererad energi	MWh/år	122800 ^{x)}	136030
Do (900 kr/m ³ olja)	Mkr/år	11,5	12,72
Elenergi till motorer	MWh/år	28400	33420
Do (16 öre/kWh)	Mkr/år	4,55	5,35
Do transportpumpar	"	0,74	0,64
Netto energivinst	"	6,2	6,73
Do relativt R 12	"	-	0,5
Investering:			
Kulvert	Mkr	13,5	12,0
Värmepumpar	"	5,8	8,6
Elinstallation	"	2,0	2,4
Övrigt	"	2,3	3,3
Summa	Mkr	23,6	26,3
Do rel. R 12	"	-	2,7

x) Samma spillvärmemängd utnyttjas för både R 12 och R 114 där det är tekniskt möjligt.

Av sammanställningen framgår att R 12 och R 114 blir ganska likvärda ekonomiskt sett. Om kulverten inte belastar projektet blir R 12 mer attraktivt. Om returtemperaturen i verkhöjheten överstiger 60°C kommer dock ekonomin med R 12 att försämrast, vilket kan få stor betydelse. Med R 114 är man garanterad för den situationen.

5.4 Synpunkter på elnätets toppbelastning vintertid

Enligt uppgift blir kommunens elnät under korta tidsperioder vid maxbelastning vintertid överbelastat. Det kan då vara aktuellt att tillfälligt stoppa cirkulationen av fjärrvärmevatten för att på så sätt minska effekttopparna.

Eftersom värmepumpanläggningen förbrukar en stor elenergi mängd kan det bli aktuellt att stänga av denna på samma sätt som görs med fjärrvärmevattencirkulationen.

Om MoDo driver värmepumparna med el från fabriksnätet uppstår inte dessa problem och anläggningen kan då köras utan avbrott.

Om anläggningen däremot drivs med elenergi från det kommunala nätet kommer situationen i ett annat läge. Effekterna av att stoppa anläggningen vid maximal elbelastning bör då undersökas. I det här läget har det dock inte ansetts möjligt att detaljräkna på detta på grund av att fakta om elnätet och dess belastningsvariationer saknats. En beräkning bör dock utföras enligt principen att värdet av den besparade elenergin på det kommunala nätet jämförs med förlusten på grund av minskad värmeutvinning i värmepumpaggregatet. Tekniskt sett bör det inte vara några problem att stänga av värmepumparna.

5.5 Fabriken värmebehov

Fabriken har ett visst behov av värme till lokaluppvärmning m m under en viss del av året. Det kan då ligga nära till hands att täcka detta behov med värme från värmepumpanläggningen. Resultatet blir då att det kommunala fjärrvärmenätet får mindre värme än vad som har sagts tidigare. Emellertid minskar även vattenflödet, varvid kulverten kan göras något billigare.

Den ungefärliga varaktigheten för fabriken värmebehov framgår av bilaga 4. Om kurvan är helt rätt är det totala värmebehovet 21750 MWh/år, vilket sålunda blir minskningen till fjärrvärmenätet. Det dimensionerande flödet i kulverten blir 810 t/h, varvid kulvertkostnaden minskar med 0,3 Mkr.

Ur samhällets synpunkt blir det ekonomiska resultatet detsamma om en del av spillvärmen går till fabriksuppvärmning eller ej. Oljebesparingen är praktiskt taget lika stor i båda fallen. Den ringa värmeeffekt som fabriksuppvärmningen kräver i intervallet 5000-5800 timmar/år (se bilaga 4) försummas. Uppoffringen av elenergi till värmepumparna blir lika stor i båda fallen. Energi-behovet för kulverttransporten blir dock något olika, vilket dock har mycket liten inverkan på totalkalkylen.

Fördelen med att även försörja fabrikslokalerna med värme från värmepumpanläggningen är att man får ett relativt stort värmeunderlag långt innan fjärrvärmenätet är fullständigt utbyggt. Ett lämpligt tillvägagångssätt kan vara att bygga upp värmepumpanläggningen etappvis. Etapp 1 omfattar då t ex behövlig värmepumpeffekt för att klara fabriksuppvärmningen.

En ekonomisk kalkyl för etapp 1 kan se ut på följande sätt:

Investering (7,5 MW värmepumpar)	9 Mkr
Driftintäkt	0,8 Mkr
Räntabilitet	9 %

Orsaken till den dåliga lönsamheten jämfört med totalprojektet är främst att varaktigheten i tiden på fabriken värmebehov är mycket sämre än i totalprojektet.

5.6 Värmepumpanläggningens plats i fabriken

Värmepumpanläggningen måste placeras i en ny byggnad med ungefärliga huvudmått bredd 15 m, längd 30 m och höjd 4 m. Det finns utrymme för en sådan byggnad på fabriksområdet och avståndet till den större spillvärmekällan (skrubbern) är bara ca 30 m. Avståndet till den andra spillvärmekällan (blekeriavloppsvatten) är ca 240 m, vilket dock inte utgör något problem. Kostnader för ledningar, pumpar m m är medtaget i investeringskalkylen.

Fabriksprocessen påverkas inte alls av om spillvärmets utnyttjas av värmepumpanläggningen eller ej. Däremot krävs det att fabriken är igång för att det skall uppkomma något spillvärme. En fabrik av detta slag går dock helt kontinuerligt hela året med undantag för något kortare underhållsstopp. Om man planerar underhållsstoppen till mitt på sommaren kommer spillvärmeavbräcket att få minimal betydelse.

6. ALTERNATIVA DRIFTSÄTT

6.1 Dieselmotordrift

Förutsättningarna för denna utredning har också varit att undersöka möjligheten att driva värmepumparna med dieselmotorer istället för elmotorer.

Med dieselaggregat erhålles en stor mängd överskottsenergi relativt axeleffektförbrukningen i form av värme i avgaser och kylvatten. I samband med drift av en värmepump kan detta överskottsvärme utnyttjas i systemet. Avgasvärmets kan överföras direkt till värmebäraren och kylvattenvärmet kan utnyttjas på värmepumparnas förångningssida.

I det här aktuella fallet skulle avgasvärmnet kunna toppvärma fjärrvärmevattnet från ca 78 till 80°C, medan kylvattenvärmet kan utnyttjas på den högsta värmepumpnivån. Se bifogade skiss, bilaga 5.

En kostnadskalkyl har utförts. Kalkylen har gjorts för två fall. I fall 1 har övrig spillvärme förutsatts bli oförändrad, vilket innebär att det totalt avgivna värmnet ökar. Fall 2 innebär att det totalt avgivna värmnet blir oförändrat, och därmed sänks uttaget av övrig sekundärvärme, i detta fall slutkylningen av blekeriavloppsvatten.

Kalkylen framgår av bilaga 6. I fall 1 blir räntabiliteten knappt 13 %. Observera att denna räntabilitet gäller för övergången till dieseldrift i kombination med att mer värme utnyttjas totalt. Om man istället jämför med ett elmotoralternativ som proportionerats till samma totalt uttagna effekt blir räntabiliteten under 10 %. Det är således mycket dålig lönsamhet i att övergå till dieseldrift. En stor del av vinsten ligger i själva verket i att spillvärmeuttaget ökas.

I fall 2 blir räntabiliteten också knappt 13 %. För detta fall är således energibilden något bättre än för fall 1, beroende på att den genomsnittliga värmefaktorn höjs då man inte längre kyler blekeriavloppsvattnet så långt.

Kalkylen visar att dieseldrift inte är något att satsa på för detta projekt. I själva verket belastas dieselalternativet av ytterligare kostnader för drift och underhåll jämfört med elmotoralternativet. Detta är ej medtaget i kalkylerna. Emellertid kan man konstatera att denna slutsats inte behöver gälla generellt. Om sekundärvärmet ligger på en låg temperaturnivå och samtidigt finns i begränsad mängd innebär dieseldrift att värmefaktorerna förbättras väsentligt samtidigt som ytterligare värdefull sekundärvärme erhålles. I det här aktuella fallet har det tillgängliga sekundärvärmet en hög temperaturnivå, vilket begränsar nyttan av dieselvärme.

Slutsatsen är sålunda att dieseldrift inte är räntabelt för detta projekt. Ett alternativ med dieselelektrisk drift har också undersökts. Det ekonomiska resultatet blev dock ännu sämre än vid dieseldrift. Det skall dock påpekas, att dessa resultat är direkt beroende av relationen mellan elpris och oljepris.

6.2 Turbindrift

Som alternativ till elmotor- eller dieselmotordrift kan man tänka sig ångturbindrift (ev. ångmaskindrift). I så fall skall varje värmepump ha sin egen drivturbin direktkopplad till kompressoraxeln. Ångan, som tas från fabriken panncentral, går till lågtrycksnätet efter att ha passerat drivturbinerna. Drivturbiner är avsevärt dyrare än elmotorer, varför detta driftsätt endast är befogat om den ånga drivturbinerna kräver inte alternativt kan alstra mottryckskraft. Om förhållandena är sådana att man inte förlorar mottryckskraft är turbindrift mycket lönsamt. Jämför med nedanstående kalkyl.

		Turbindrift		Elmotordrift
		Mottryckskraft		
		Förloras ej	Förloras	
Energikostnad för kompressordrift	Mkr/år	3,1	3,1	5,35
Förlorad mottryckskraft	"	-	ca 3	0
Netto energikostnad	"	3,1	ca 6	5,35
Energivinst rel. elmotor	"	2,25	<0	-
Merinvestering för turbiner rel. elmotorer	Mkr	ca 3,5	ca 3,5	-

Bilaga 1

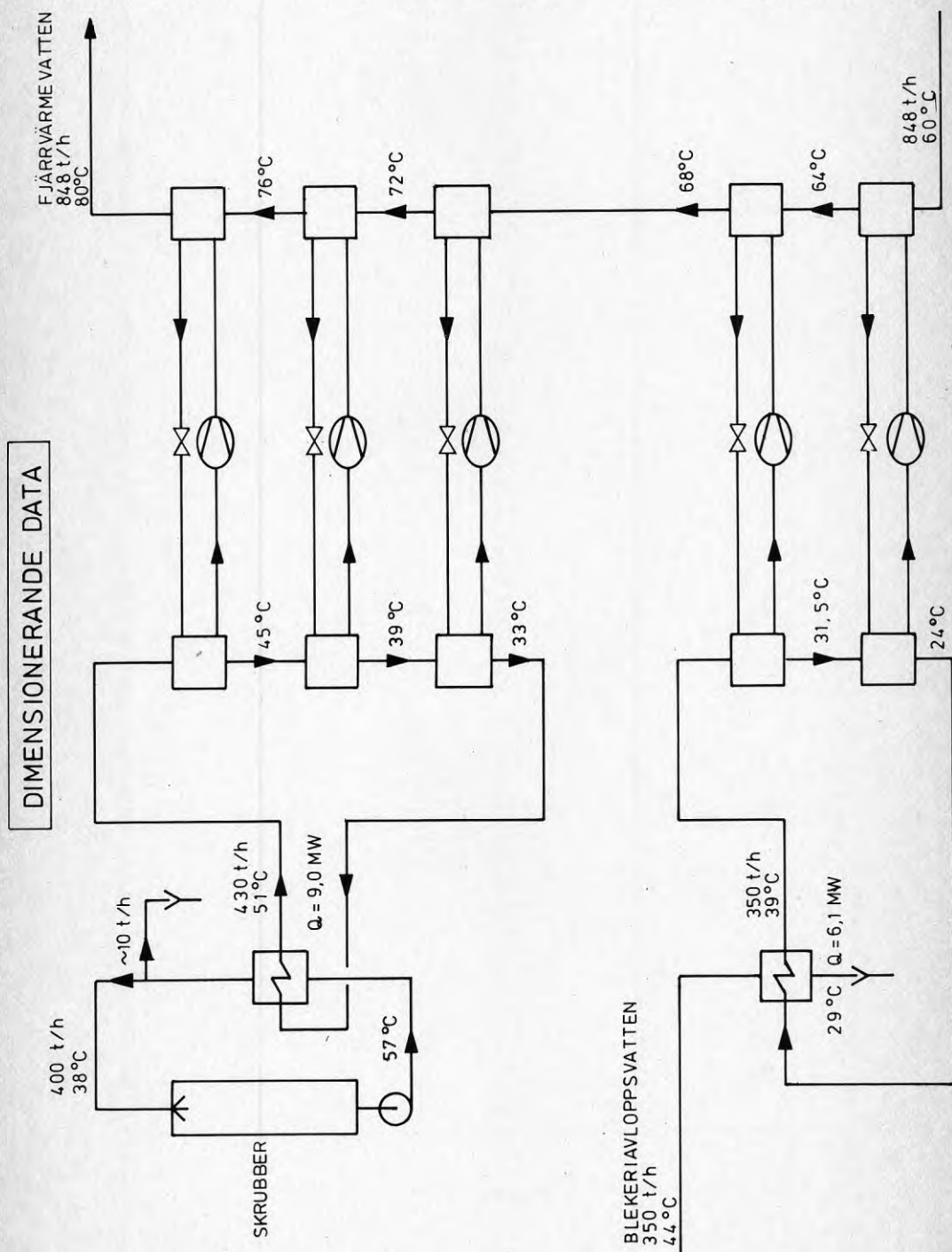
Kostnadskalkyl Värmepump i Domsjö sulfittfabrik

<u>Totalkostnad</u>		1	2	3
Alternativ		Inkl 3 km kulvert	Inkl 1,5 km kulvert	Utan kulvert
<u>Energieresultat</u>				
Utvunnen effekt, max:				.
Från skrubber	MW	9,0	9,0	9,0
" blekeriavloppsvatten	"	6,1	6,1	6,1
Axeleffektbehov	"	4,60	4,60	4,60
Summa	MW	19,7	19,7	19,7
Satsad elektrisk (motorverkningsgrad 95 %)	"	4,84	4,84	4,84
Utvunnen energi, totalt	MWh/år	136030	136030	136030
Satsad elektrisk energi	"	33420	33420	33420
Värde av utvunnen energi (pannverkningsgrad 90 % oljepris 900 kr/m ³)	Mkr/år	12,72	12,72	12,72
Energikostnad, aggregat (16 öre/kWh)	"	5,35	5,35	5,35
Do transportpumpar	"	0,64	0,49	0,34
Netto energivinst	Mkr/år	6,73	6,88	7,03
<u>Investeringskostnader</u>				
Kulvert (Ø 400)	Mkr	12,0	6,0	0
Värmepumpar (430 kr/kW)	"	8,6	8,6	8,6
Elinstallation:				
Värmepumpar	"	2,4	2,4	2,4
Transportpumpar	"	0,40	0,30	0,20
Hus	"	1,2	1,2	1,2
Värmeväxlare	"	2,1	2,1	2,1
Pumpar (ej dubblerade)	"	0,20	0,19	0,18
Motorer	"	0,17	0,13	0,09
Rörledningar och armatur	"	0,90	0,90	0,90
Instrumentering	"	0,60	0,60	0,60
Diverse oförutsett (15 % exkl kulvert)	"	2,5	2,5	2,5
Summa	Mkr	31,1	24,9	18,8
Projektering, administration, igångkörning m m (15 %)	"	4,7	3,7	2,8
Totalt	Mkr	35,8	28,6	21,6

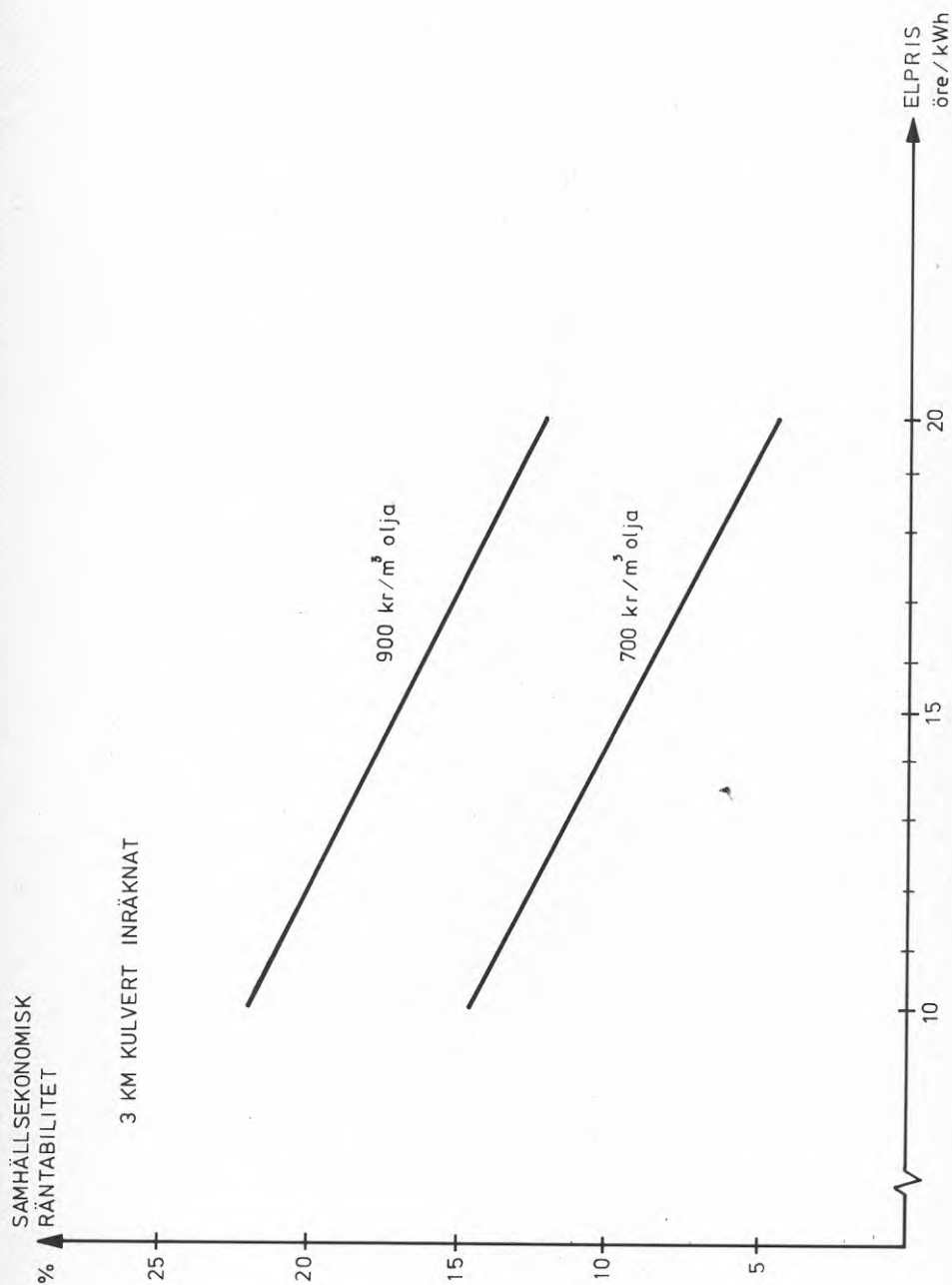
Alternativ		1	2	3
<u>Driftkostnader</u>				
Underhåll (2 % av investeringen)	Mkr/år	0,72	0,57	0,43
Personal (1 daggående)	"	0,10	0,10	0,10
Summa driftkostnad	Mkr/år	0,82	0,67	0,53
<u>Driftresultat</u>				
Netto energivinst	Mkr/år	6,73	6,88	7,03
Avgår driftkostnad	"	0,82	0,67	0,53
Driftintäkt	Mkr/år	5,91	6,21	6,50
<u>Ekonomiskt resultat</u>				
Driftintäkt	Mkr/år	5,91	6,21	6,50
Investeringskostnad	Mkr	35,8	28,6	21,6
Räntabilitet	%	16,5	21,7	30,1

KOPPLINGSSCHEMA

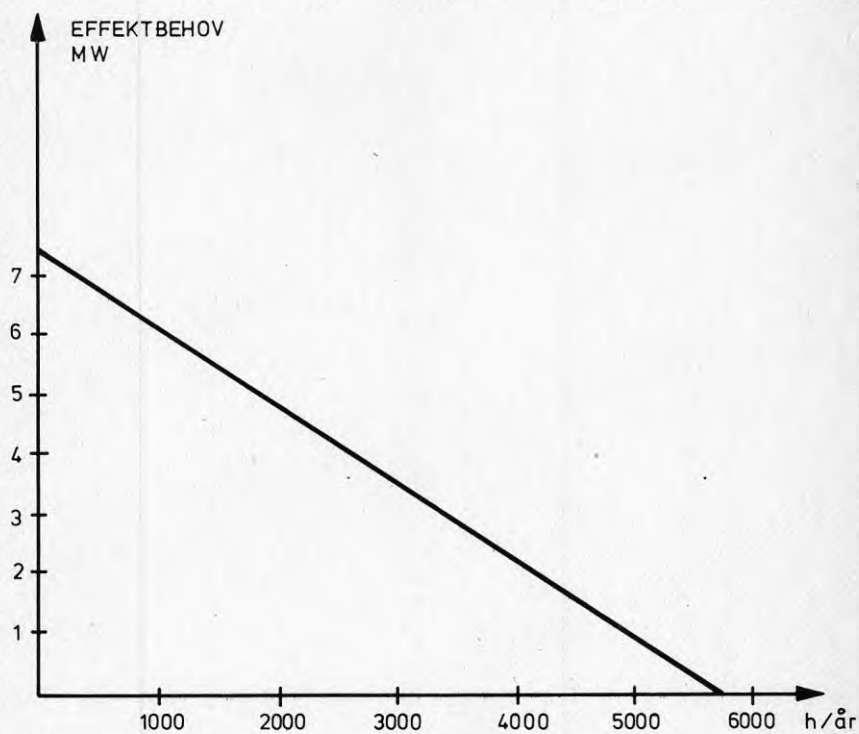
VÄRMEPUMPANLÄGGNING I DOMSJÖ SULFITFABRIK.



LÖNSAMHET VID OLIKA EL O. OLJEPRISER
VÄRMEPUMP I DOMSJÖ SULFITFABRIK



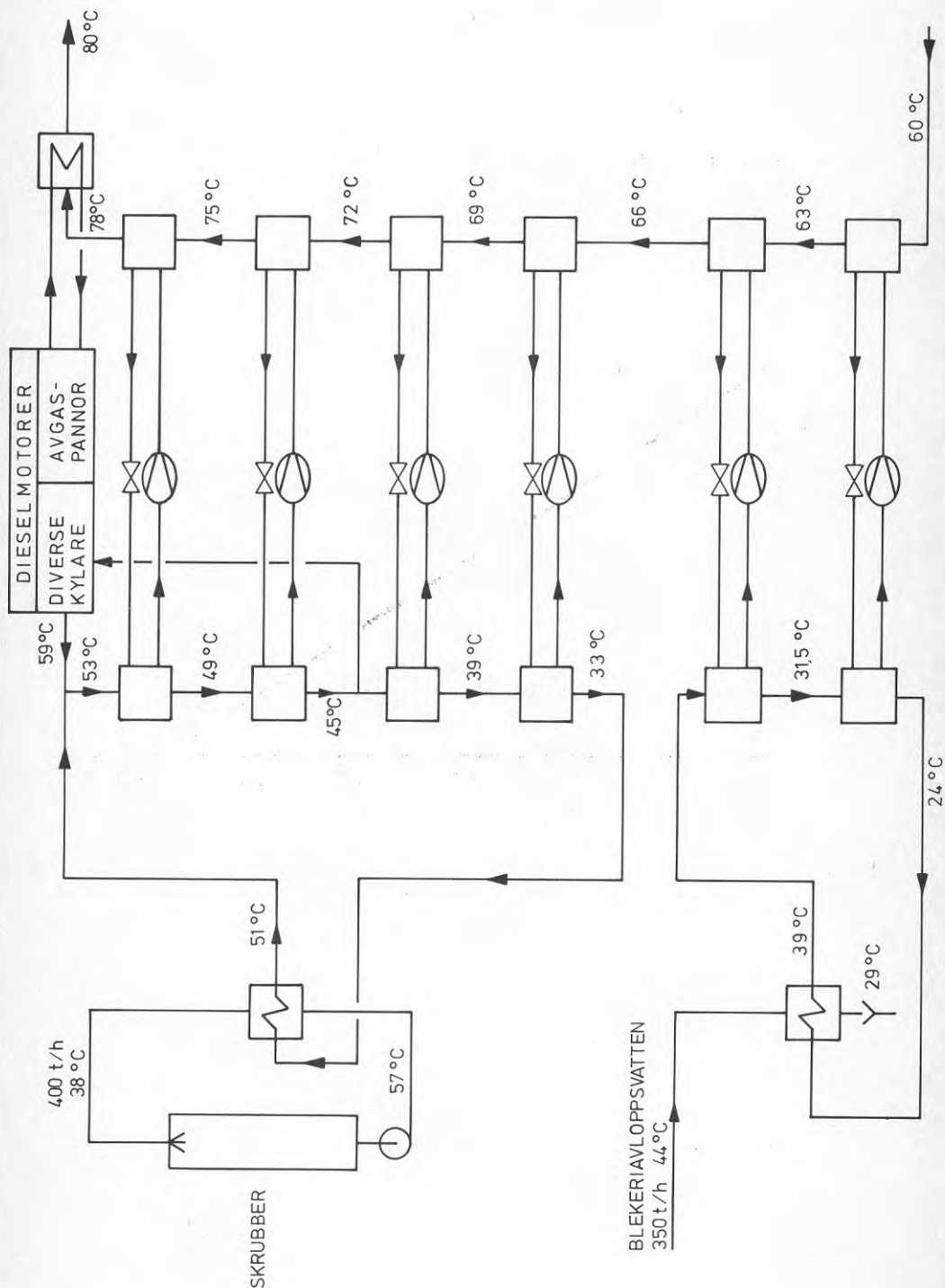
FABRIKENS EGET LOKALUPPVÄRMNINGSBEHOV
VÄRMEPUMP I DOMSJÖ SULFITFABRIK



KOPPLINGSSCHEMA VID DIESELMOTORDRIFT VÄRMEPUMP I DOMSJÖ SULFITFABRIK

Bilaga 5

24



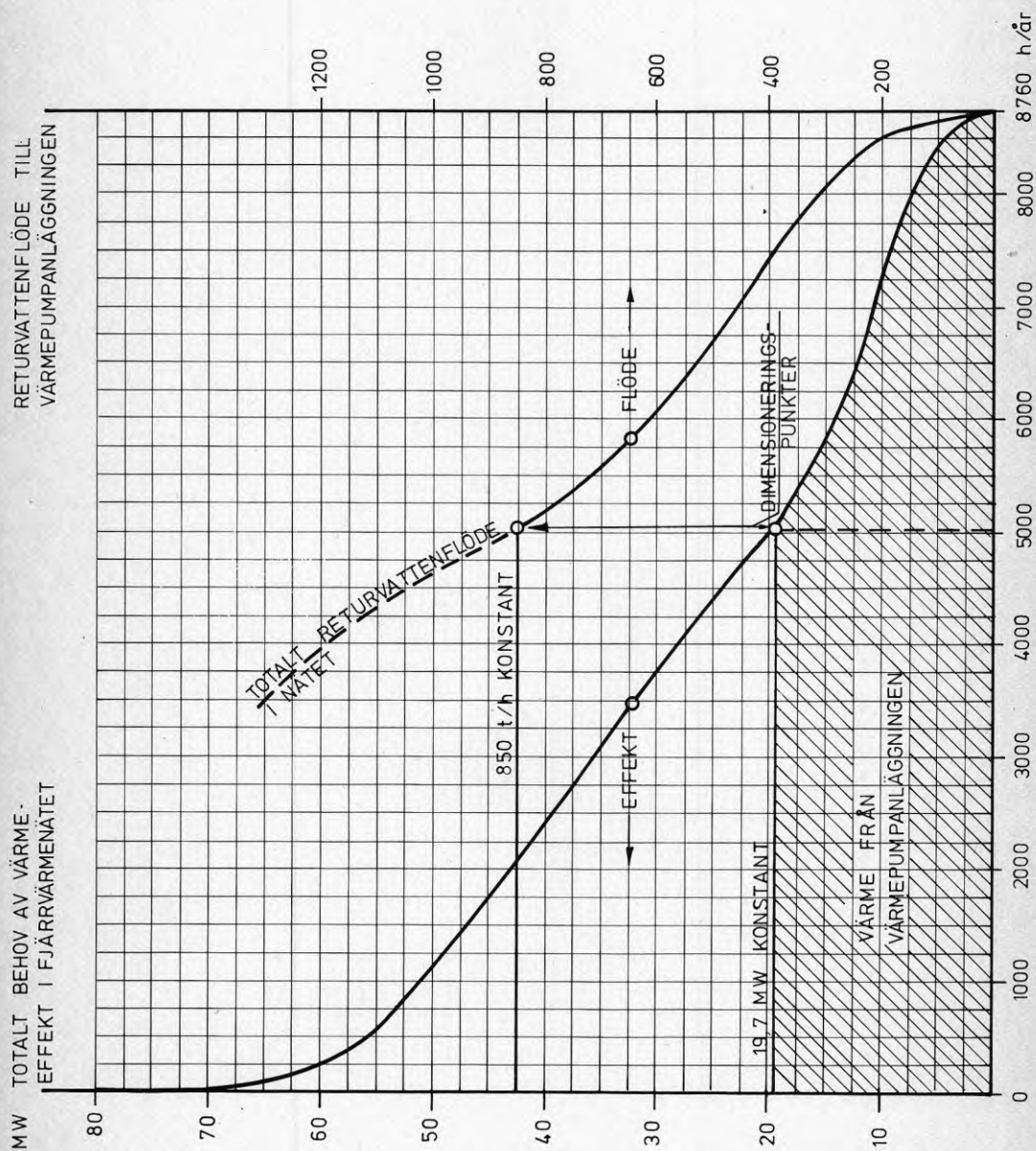
Jämförelse mellan elmotor och dieselmotordrift

Värmepump i Domsjö sulfittfabrik

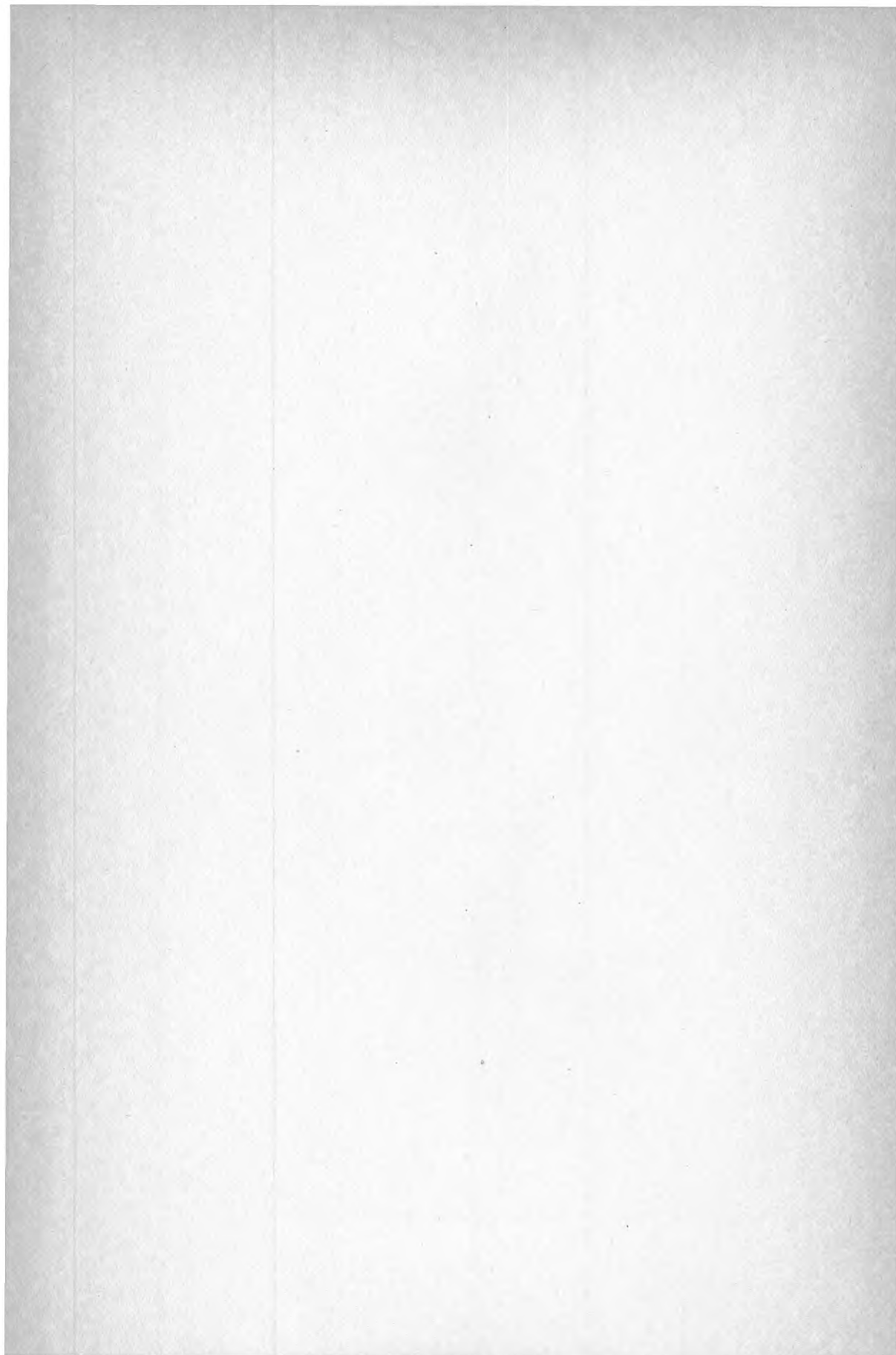
Alternativ		1	2	3
		Ökad värme- leverans rel. elmotor	Konstant värmeleve- rans	Elmotor
<u>Energiresultat</u>				
Utvunnen värmeeffekt, max:				
Från fabriken	MW	15,1	12,1	15,1
Från dieselmotorernas kylare	"	2,9	2,1	-
Axeleffekt	"	4,7	3,4	4,6
Summa från kondensorer	MW	22,7	17,6	19,7
Avgasvärme från dieselmotorer	"	2,4	1,8	-
Totalt till fjärrvärmenätet	MW	25,1	19,4	19,7
Utvunnen energi, totalt	MWh/år	161140	136030	136030
Värde av utvunnen energi	Mkr/år	15,07	12,72	12,72
Kostnad för drivenergi vid 0,223 m ³ olja/MWh axeleffekt resp 16 öre/kWh	Mkr/år	6,04	4,76	5,35
Do transportpumpar (3 km kulvert)	"	0,80	0,64	0,64
Netto energivinst	Mkr/år	8,23	7,32	6,73
Do rel. alt. 3	"	1,50	0,59	-
<u>Investeringskostnader</u>				
Ändrad värmepumpkapacitet	Mkr	1,4	-0,8	-
Dieselmotorer inkl kringutr.	"	8,0	6,4	-
Montage av do	"	1,2	1,0	-
Skorsten	"	0,3	0,2	-
Värmeväxlare för avgasvärme	"	0,2	0,2	-
Ökad byggnadsvolym	"	0,5	0,4	-
Grundkostnad = alt. 3	"	35,8	35,8	35,8
Avgår: elmotorer + elinstallation	"	-3,8	-3,8	-
Summa	Mkr	43,6	39,4	35,8
Oförutsett, proj. m m	"	2,3	1,1	-
Ökad kulvertkostnad	"	1,5	-	-
Total investering	Mkr	47,4	40,5	35,8
Do rel. alt. 3	"	11,6	4,7	-

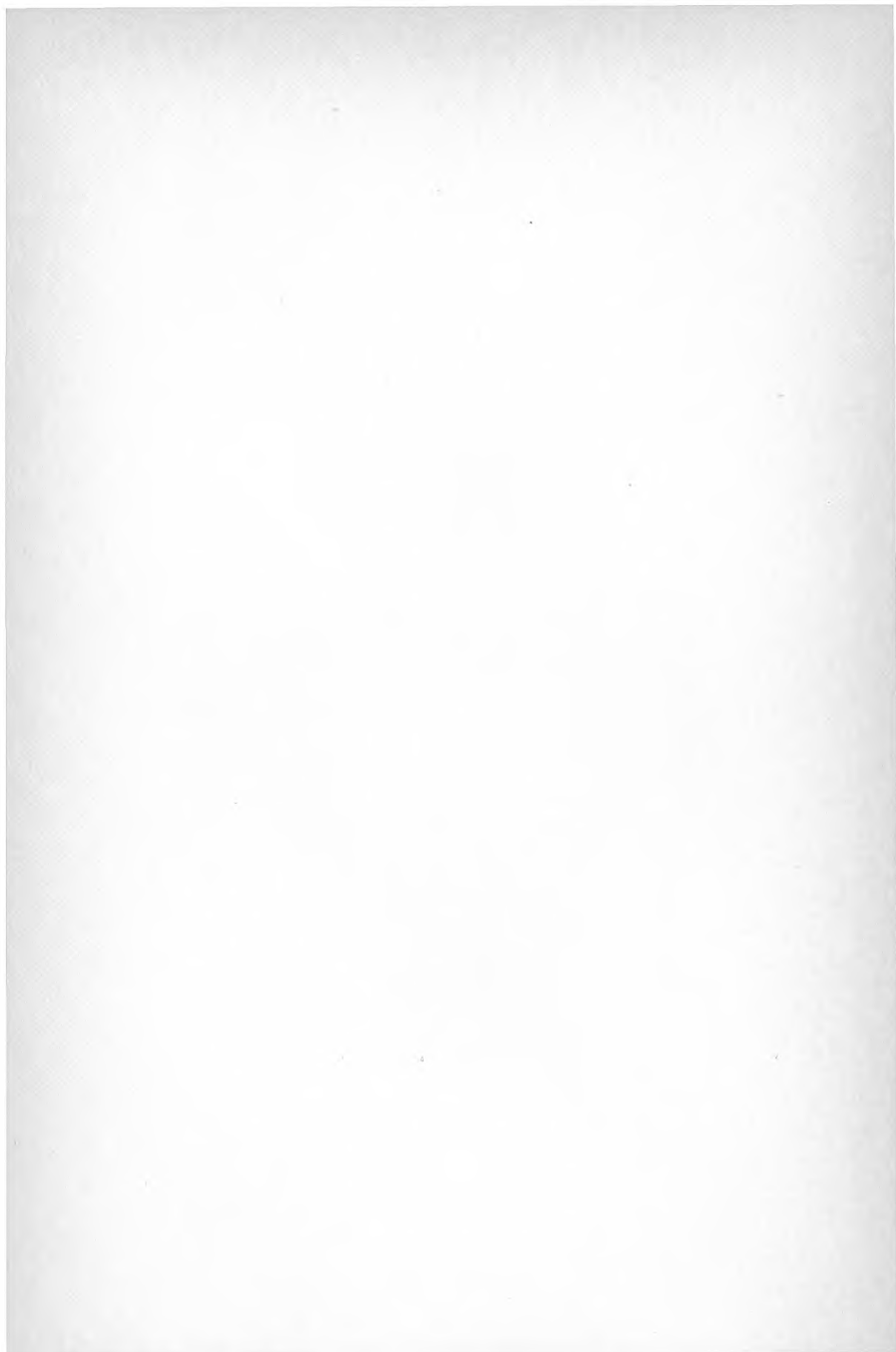
Alternativ		1	2	3
<u>Ekonomiskt resultat vid övergång från el till dieseldrift</u>				
Energibesparing	Mkr/år	1,50	0,59	-
Merinvestering	Mkr	11,6	4,7	-
Räntabilitet	%	13	13	-

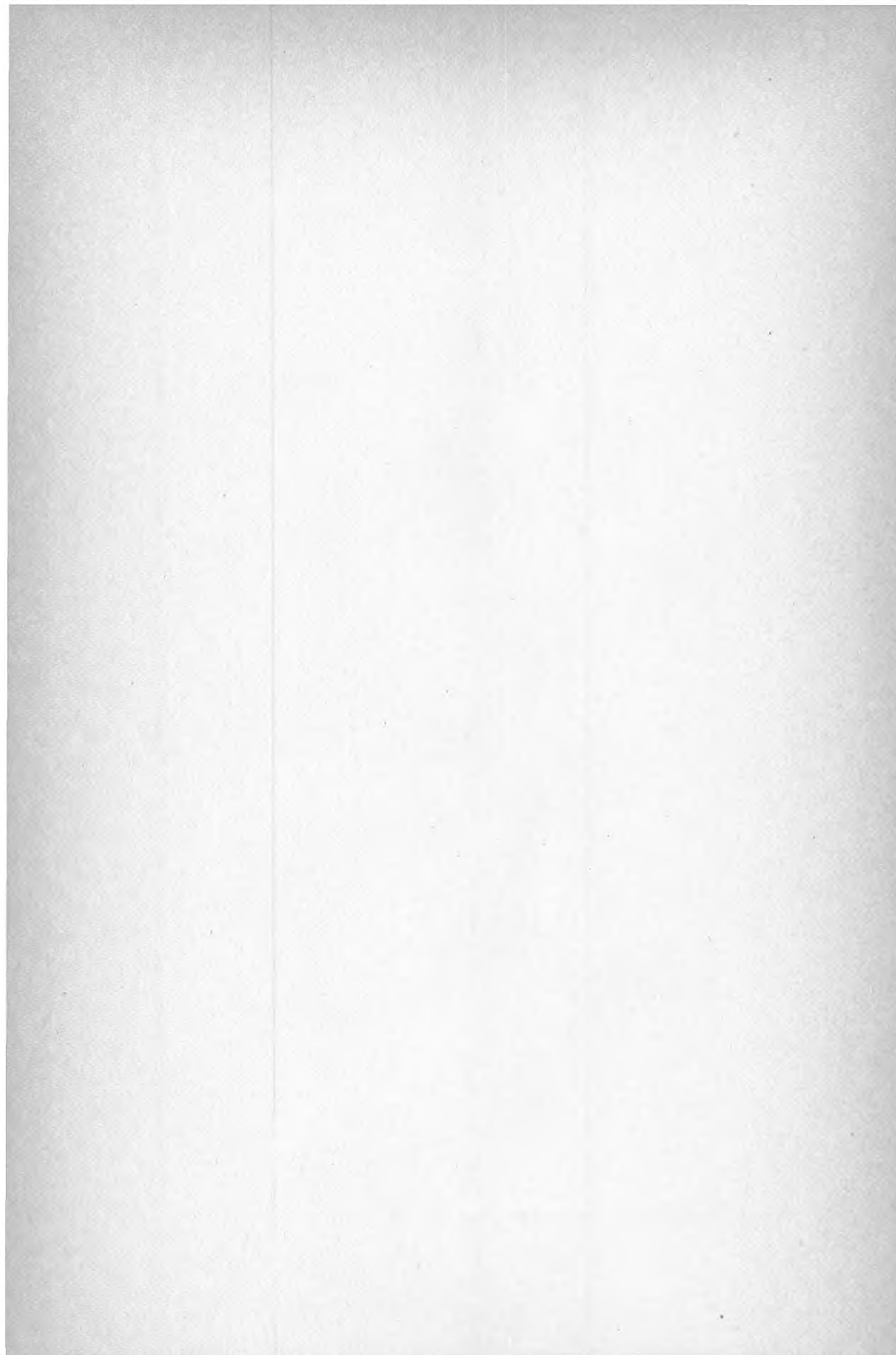
VARAKTIGHETSDIAGRAM
VISANDE FJÄRRVÄRMENÄTETS
VÄRMEEFFEKTBEHOV I ÖRNSKÖLDSVIK

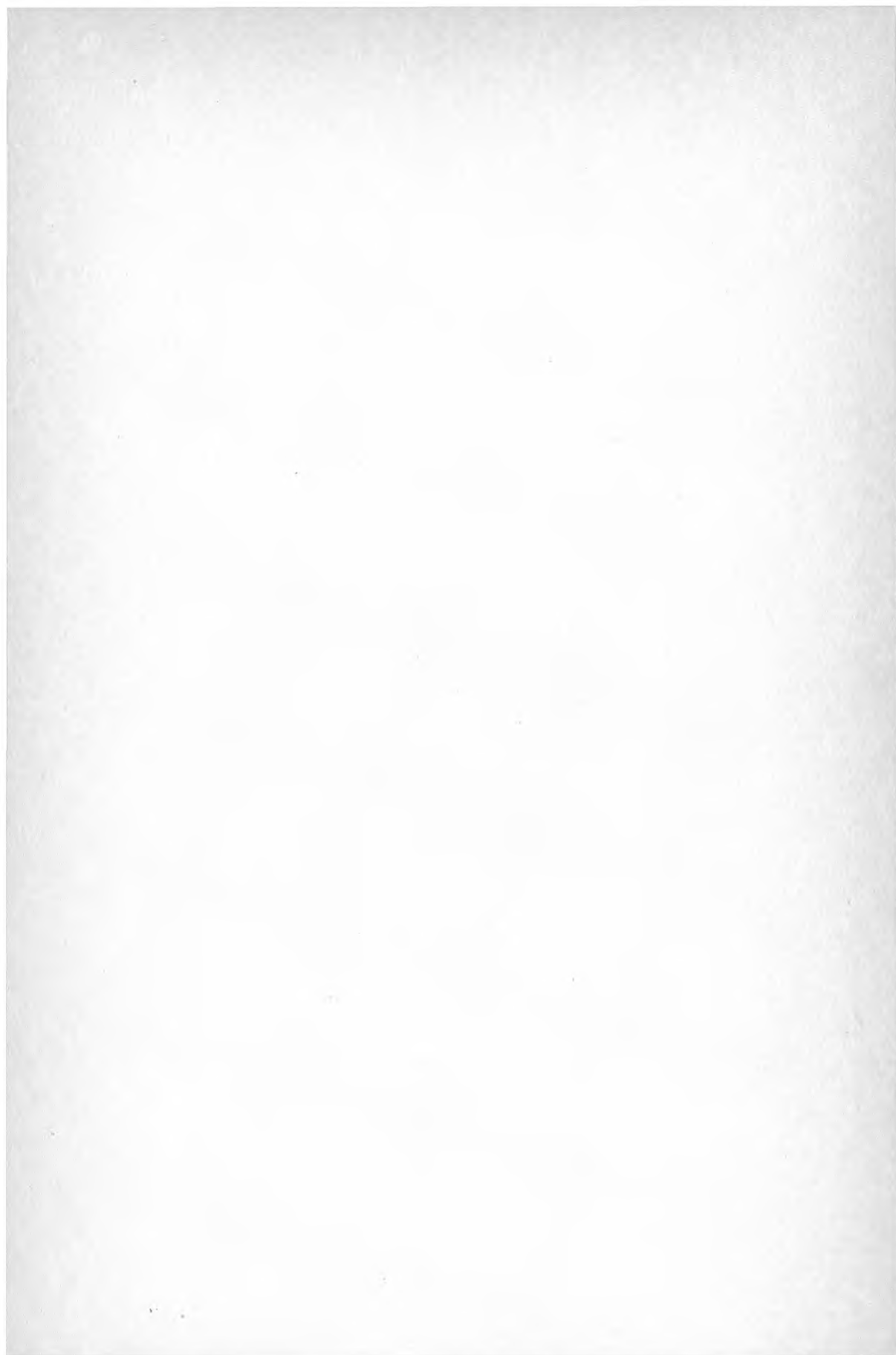












Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791359-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Nefos —
Näringslivets stiftelse för forskning och utveckling
på energiområdet.

Art.nr: 6700172

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 15 kr exkl moms

R72: 1980

ISBN 91-540-3278-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm